



Hi-Vision – En arbetsmiljöstudie

Hi-Vision – A work environment study

MIKAEL DAHLQUIST



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2019:04

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Hi-Vision – En arbetsmiljöstudie

Hi-Vision – A work environment study

Mikael Dahlquist

Handledare: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Scania timmerlastbil utrustad med kransystemet Hi-Vision. Foto: Scania

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2019:04

Nyckelord: Virtual reality, timmerlastbilar, helkroppsvibrationer



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och har utförts vid Skogsmästarskolan, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapportens inriktning har utformats i samarbete med företaget HIAB. Jag skulle vilja rikta ett stort tack till min handledare Staffan Stenhag, universitetslektor vid Skogsmästarskolan, för snabb och vägledande feedback genom arbetet.

Jag vill även tacka, utan inbördes ordning, följande personer och företag:

- Min kontaktperson Christine Ådland Holmström, Marketing manager, på HIAB som ställt upp med sin arbetstid samt finansierat studien.
- Skogforsk:s medarbetare Petrus Jönsson och Morgan Rossander som har varit en ovärderlig hjälp vid förädling och tolkning av mätdata samt försett mig med utrustning och litteratur för studien.
- Setra:s sågverk i Skinnskatteberg som ställt upp med testplan.
- Wasa Åkarn AB som hjälpte till med lossning av virket.
- VMF Qbera som mätte in virket som användes i studien.
- Mattias och Johannes Ackesten, vid Ackestens åkeri AB, som ställt upp med timmerlastbilar och förarkompetens.
- Lastbilschaufförerna Mattias Johansson, Sofie Tjus Ekström och Kim Rotevatn vid AB Kjell & Aste Larssons åkeri som besvarade Simulator Sickness-enkäten och dagligen kör med Hi-vision.
- Kjell Brunnström, adjungerad professor i videokvalitet vid Mittuniversitetet, som belyst ämnet simulator sickness och dess faktorer vid ett personligt möte.

Trevlig läsning önskar undertecknad.



Skellefteå, 2019-02-15

INNEHÅLL

FÖRORD.....	iii
INNEHÅLL	v
SAMMANFATTNING	1
SUMMARY	3
1. INLEDNING	5
1.1 Mekanisering.....	5
1.2 Dagens arbetsmiljö	8
1.3 VR-teknik.....	9
1.4 Syfte	10
2. MATERIAL OCH METODER	11
2.1 Datainsamling – tids- och HKV-studie.....	11
2.2 Datainsamling enkätstudie förare.....	14
2.3 Analys av mätdata.....	14
2.4 Definitioner	17
3. RESULTAT	19
3.1 Resultat av helkroppsvibrationer.....	19
3.2 Tidsstudie	21
3.3 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ).....	23
4. DISKUSSION	25
4.1 Egen kritik.....	25
4.2 Tolkning av resultat.....	26
4.3 Utvecklingsmöjligheter för VR-tekniken i skogsbranschen.....	28
4.4 Slutsatser.....	29
5. REFERENSLISTA.....	31
5.1 Litteratur	31
5.2 Internetkällor	32
5.3 Personlig kommunikation	33
6. BILAGOR	35
Bilaga 1	36
Bilaga 2	37

SAMMANFATTNING

Ända sedan motorsågen slog igenom på bred front under 1950-talet har teknikutvecklingens påverkan på effektivitet och arbetsmiljö studerats. Idag står vi inför ett teknikskifte vad gäller kranstyrning på timmerlastbilar. Den nya tekniken grundar sig på Virtual Reality, vilket innebär att operatören har en realtidsinteraktion med en 3D-upplevelse på en skärm. Med fyra kameror monterade vid kranpelaren kan föraren styra kranen med hjälp av VR-glasögon och ett spakstall inifrån lastbilshyten.

Syftet med studien var att undersöka ifall den nya VR-tekniken, under produktnamnet Hi-Vision, medför mindre helkroppsvibrationer för lastbilsförare. Vidare undersöktes hur tekniken påverkar förarnas exponering mot potentiella olycksrisker samt om några nya arbetsmiljömässiga problem uppkommit relaterade till användandet av Hi-Vision.

Studien genomfördes som en kombinerad tids- och helkroppsvibrationsundersökning samt genom en enkät till fyra förare som ämnade att undersöka eventuella biverkningar relaterade till användandet av Hi-Vision. Vibrationstesterna omfattade två typer av timmerlastbilar, ett ekipage med konventionell kranhytt och ett ekipage utrustad med Hi-Vision. Lastbilarna utrustades med en accelerometer som registrerade vibrationsnivåerna vid förarpositionerna under vardera lastbils tre lastningssekvenser.

Vibrationsmätningarna visar att nivåerna är generellt lägre med Hi-Vision. Värdena för de båda kransystemen ligger dock med god marginal under Arbetsmiljöverkets gränsvärden för potentiell hälsorisk i studien. Fördelarna med Hi-Visionsystemets lägre vibrationer är således primärt komfortmässiga. I ett säkerhets- och arbetsmiljöperspektiv bidrar Hi-Vision till utebliven fallrisk vid klättring till och från kranhytt. Att Hi-Vision operatören spenderar mindre arbetstid längs tom och lastad lastbil, exponerad för olycksrisk, kunde inte påvisas. Studien visade avslutningsvis på att det inte fanns några allvarliga biverkningar relaterade till Hi-Vision efter en tids användande.

Nyckelord: Virtual reality, timmerlastbilar, helkroppsvibrationer

SUMMARY

Ever since the chainsaw was introduced on a broad market during the 1950s, the effects of new technology on efficiency and work environment has been studied. Today we stand before a paradigm shift of how we operate logging cranes on timber trucks. The new technology is based on Virtual Reality, which means that your physical body interacts with a 3D experience on a screen. With four cameras mounted on the crane's pillar the operator can control the crane from the trucks cabin with the help of VR-goggles and mounted joysticks.

The purpose of this bachelor thesis is to study if the new VR technology, under the name Hi-Vision, brings less whole-body vibrations for truck operators, if the technology effects the operator's exposure to hazardous work outside the cabin and if any new issues in working environment can be detected due to the use of Hi-Vision.

The study was carried out as a combined time and whole-body vibration survey and the dispatch of a questionnaire. The tests included two types of logging trucks, one equipped with a conventional crane cabin and one equipped with Hi-Vision. In the crane operator position, an accelerometer was attached which registered the levels of vibrations during the three loading sequences of each truck.

The results from the accelerometer shows in general lower levels of vibration with the use of Hi-Vision. Both crane system's vibration values are within good marginal of the Swedish Work Environment Authority threshold limit of potential health risks. The benefits with the lower levels of vibrations using the Hi-Vision is therefore only the comfort experience for the operator. In a safety and work environment perspective the Hi-Vision contributes to eliminate the risk of falling when going up and down the ladder to the crane cabin. Less exposure to time spent walking alongside the truck, empty and loaded, could not be proven. The result of the questionnaire shows that there are no severe side effects related to a long-time use of Hi-Vision.

Keywords: virtual reality, logging trucks, whole-body vibrations

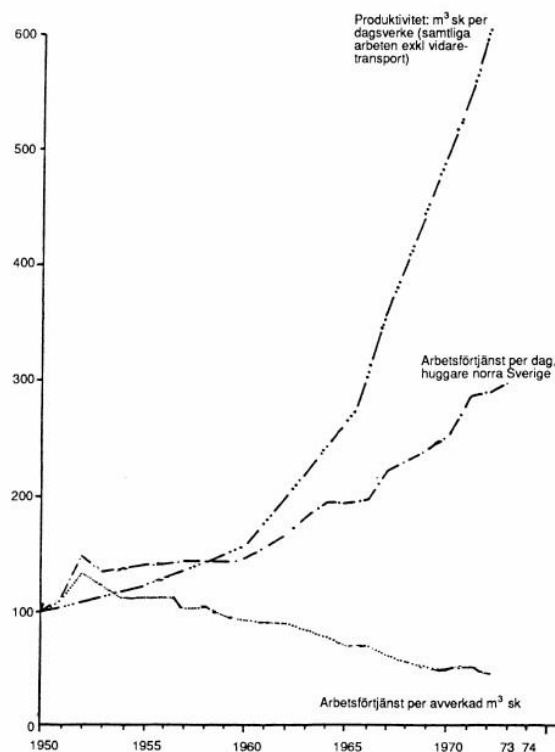
1. INLEDNING

Detta arbete handlar om att undersöka ifall den nya tekniken Hi-Vision medför mindre helkroppsvibrationer för lastbilsförare, hur tekniken påverkar en förarens exponering för potentiella olycksrisker samt om några nya arbetsmiljömässiga problem uppkommit vid användandet av Hi-Vision. Hi-Vision är en ny typ av kranstyrning på timmerlastbilar som med hjälp av Virtual Reality (VR)-glasögon möjliggör för föraren att styra kranen från lastbilshytten. I detta kapitel följer först en sammanfattning över mekaniseringens historia i det svenska skogsbruket och dess betydelse för människan. Vidare kommer tekniken Virtual Reality (VR) att beskrivas, en teknik som ligger till grund för det tekniksprång som studien ämnar undersöka. Bakgrunden ska hjälpa dig som läsare att få en förståelse för den förbättring, och eventuella bakslag, teknikutveckling och mekanisering haft för arbetsmiljön i skogsbruket.

1.1 Mekanisering

1950-talet kallas "mekaniseringens årtionde" i skogsbrukshistoriska sammanhang (Hjelm, 1991). Det är här vi tar avstamp för följande tillbakablick på mekaniseringen inom det svenska skogsbruket. Fram till detta decennium hade timmersvans och yxa varit skogsarbetarens främsta verktyg, men nu letade sig motorljuden in i avverkningsskogarna. Motorsågen som sett dagens ljus för första gången redan 1917 fick under 1950-talet stort genomslag (Larsson, 2007). Tekniken hade mognat. Vikten var nere under 15 kilo och sågen kunde användas av en arbetare, samtidigt som driftsäkerheten var hög nog att producera mer än avverkning med timmersvans och yxa.

Antalet motorsågar i skogen ökade under tidsperioden 1953 – 1956 från ca 7 000 enheter till ca 30 000 enheter (Hagner, 2005). Med motorsågen som hjälp halverades nästan arbetsinsatsen för en skogskubikmeter, m³sk, tillrett virke. Från 0,74 dagsverken per m³sk till 0,43 dagsverken (se figur 1.1). Detta fick som konsekvens att färre skogsarbetare behövdes. Genom rationaliseringen kunde även en viss löneglidning ske när skogsbolagen gjorde större vinster som i sin tur gav skogsarbetaren högre lön (Hjelm, 1991).



Figur 1.1. Produktivitet kontra förtjänst för skogsarbetare åren 1950–1974. Vi kan utläsa att ersättning per avverkad m³sk ungefär halverades mellan åren 1955 och 1970 samtidigt som produktiviteten ökade fem gånger om (Stridsberg & Matsson 1980; s. 176).

Det fanns dock baksidor med den nya tekniken. I intervjustudien Hjelm (1991) genomförde uppger pensionerade skogsarbetare att motorsågen inte medförde att arbetsdagen blev mindre ansträngande. Den energi som sparades vid fällsågning med motorsåg åts upp av extraarbetet med att förflytta sig i terrängen med motorsåg och bensindunk. Motorsågen försämrade även arbetsmiljön med avgaser, buller, vibrationer samt den psykiska påfrestningen när motorsågen krånglade. Tidigare hade avbrutna yxskaft och timmersvansbrott stått för driftstörningarna, men det var inget i jämförelse med en strejkande motorsåg (Hjelm, 1991).

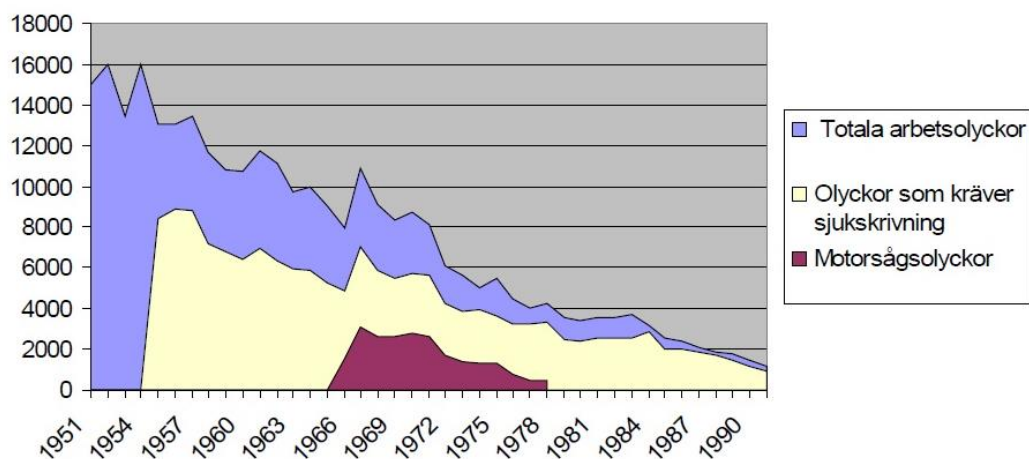
Oskar Lundmark, som 1955 köpte en Jo-Bu motorsåg, berättar nedan hur motorsågshaverier kunde påverka arbetsdagen:

”Jo-Bu:n var en rackare. Om det var stor skog, då ville hon inte gå. Men då det blev mindre skog då kunde hon gå. Jag drog i startsnöret så jag blev rasande, å sen tog jag då svansen å svansa. Men jag kunde inte låta bli hon. Då var jag å ryckte i hon igen. Å rätt som det var starta hon, men då hade jag hunnit hugga bort storskogen.”

(Hjelm, 1991, s. 109)

I citatet kan vi förvissa oss om den nya teknikens nyckfullhet och den hatkärlek till motorsågen skogsarbetare upplevde. När ny teknik implementeras av så kallade ”early adapters” krävs ofta ett visst överseende för behovet av vidareutveckling innan tekniken mognat.

Under 1960-talet blev motorsågen lätt och smidig nog för att börja användas vid kvistning. Men kvistningsarbetet med motorsåg medförde nya riskmoment och kast blev ett vanligt fenomen för olyckor. 1966 skedde 820 olyckor som kopplades till kast vid kvistning. Att motorsågen är utrustad med kastskydd blev 1:a januari 1970 obligatoriskt (Larsson, 2007).



Figur 1.2. Figuren visar på en stadig nedgång av arbetsolyckor under det 50-åriga tidsspannet. Vi kan även utläsa att de tre faktorerna växelverkar i en avvikande trend år 1967. Anmälda arbetsolyckor ökade med 36 procent jämfört med året innan. Motorsågsolyckor ökade med 95 procent. Detta kan förklaras med två anledningar, dels slopades karensdagarna för sjukskrivna vilket ökade skadeanmälningar med 10 procent dels började kvistningsarbetet utföras med motorsåg i hög utsträckning (Larsson, 2007).

Under 1970-talet sjönk sedan återigen arbetsolyckorna mycket på grund av motorsågens allt mindre betydelse när avverkningsarbetet mekaniserades med skogsmaskiner (Larsson, 2007). Perioden mellan 1950 – 1990 minskade antalet skogsarbetare med 90 procent, från ca 100 000 arbetare till 10 000. Enligt 1990 års olycksstatistik har mekaniseringen medfört en 73 procents lägre risk för olyckor jämfört med avverkning med motorsåg (Axelsson, 1998).

Skotaren som används för terrängtransport av virket, definieras som ett traktorekipage bestående av två delar med styrbar midja mellan delarna och drift på samtliga band eller hjul. Skotaren är utrustad med en kran och ett lastrede för på- och avlastning av virke. Skotaren började utvecklas i Kanada under 50-talet och 1961 såg världens första serietillverkade skotare dags ljus, Dowty Forwarder (se Figur 1.3). Sverige var inte långt efter i utvecklingen och 1962 lanserade konstruktören Lars Bruun hjulskotaren Brunetten (Ager, 2017).



Figur 1.3. Dowty Forwarder sommaren 1961, världens första serietillverkade skotare (Ager, 2017).

Kanadensare var även 1958 först ut med att montera ett fäll- och kvistningshuvud på en traktormonterad kran. Ett koncept som sedermera går under namnet engreppsskördare, ibland även kallad gripskördare. Prototypen blev ingen direkt succé och projektet skrinlades. Det dröjde ca 15 – 20 år av utveckling innan engreppsskördaren började vinna mark på bred front. Jan "Skogs-Jan" Erikssons gripprocessor, år 1978, var ett stort steg framåt, som kunde avverka från stickväg i gallringar. Fyra år senare blev Jans skördarkoncept en kommersiell produkt, tillverkad av Volvo BM Valmet, under namnet Valmet 901. På grund av lågkonjunktur dröjde det ytterligare något år innan försäljningen tog fart och 1983 – 1984 nämns i litteraturen som genombrottsår för engreppsskördaren. På 1990-talet började engreppsskörden användas i slutavverkningar och så småningom bli den helt dominerande skördartypen i svenskt skogsbruk (Ager, 2017).

Timmerlastbilen, som är en viktig del i virkesflödet sedan flottningen upphörde, har inte belysts ännu (Pettersson, 2015). Teknikutvecklingen här har varit något mer konservativ än på skogsmaskinssidan. Visserligen har lastbilstillverkarna utvecklat mer motorkraft, luftfjädrade hytter och utrustat lastbilar med Central Tire Inflation-system (CTI) för att minska marktryck. Men på kransidan dröjde det ända in på 1990-talet innan sittnocken började bytas ut mot kranhytt. Sittnock innebär att operatören sitter helt exponerad för väder och vind uppe i kranens pelare. I denna position löper även operatören risk att träffas av glidande stockar ur kranens grip. Sittnock är fortsatt en vanlig krantyp på världsmarknaden för timmerlastbilskranar (Christine Ådland Holmström, Market Manager, HIAB, personlig kommunikation 2018-06-18).

1.2 Dagens arbetsmiljö

Genom mekaniseringen har människan förflyttats in i en hyttmiljö, skyddad från rullande stockar och motorsågens kedja. Enligt olycksfallsstatistik från 1970-talet är olycksrisken

tre gånger lägre vid maskinkörning än vid motormanuell huggning. Den nya arbetsmiljön förbättrade många aspekter av det fysiskt tunga skogsarbetet men medförde andra typer av förslitningsskador såsom besvär i nacke och axlar (Larsson, 2007).

I skogsmaskiner utsätts kroppen för helkroppsvibrationer (HKV) under flera timmar i sträck i kombination med monotona och repetitiva rörelser för att manövrera kranspakar (Tabell m.fl., 2003). HKV syftar på när någon står, sitter eller ligger på ett vibrerande underlag. Vibrationer fortplantar sig sedan i kroppen. HKV är en relativt vanlig förekomst, i Sverige exponeras ca 300 000 anställda regelbundet för HKV. Mest utsatta är maskinförare inom skog- och jordbruk samt bygg- och transportverksamhet (Burström m.fl., 2011). Exponering för HKV kan upplevas som både psykiskt och fysiskt belastande och leda till nedsatt prestationsförmåga och trötthet enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift (AFS 2005:15) HKV inom frekvensspannet 1 – 8 Hz (svängningar per sekund) kan ge problem i nacke, rygg samt mag- och tarmproblem. Matsmältningsproblem tros vara särskilt vanligt när HKV:s frekvens är mellan 4 och 5 Hz (Smith & Leggat, 2005). Enligt Griffin (1990) är människokroppen generellt extra känslig för accelerationer med frekvenser 0,8 – 2,0 Hz i X- och Y-led (se Figur 2.5).

En studie som Jönsson & Johansson (2004) genomfört på gaffeltruckar och dess vibrationers påverkan på komfort för förarna visar på att frekvenser på 1,6 Hz, 6,3 Hz, 10,0 Hz och över 50 Hz är mest viktiga för att prognosticera en maskins upplevda komfort. Vid studier av HKV och dess korrelation till arbetsskador, exempelvis värk i ländrygg, framkommer det att fler faktorer än enbart HKV inverkar. Riskfaktorer som lyfts fram är personliga förutsättningar såsom ålder, kön, kondition, vikt, längd, kroppstyp, rökning samt ryggproblem innan kroppen utsätts för HKV. Relationen mellan HKV och problem i nacke och rygggrad är vetenskapligt bevisad (Rehn m.fl., 2001). Standarden SS-ISO 2631–1 tillämpas av Arbetsmiljöverket som vägledning för mätmetoder och utvärdering av HKV. Standarden är den svenska versionen av den internationella ISO 2631. SS-ISO 2631–1 beskriver främst riskerna med långtidsexponering av HKV och ger mindre vägledning för hälsoeffekter av kortvarig HKV. Standarden beskrivs mer ingående i kapitel 3, material och metoder. Sammanfattningsvis så beror riskerna relaterade med HKV på hur kraftiga accelerationerna är (m/s^2), vilken frekvens (Hz) accelerationerna har samt exponeringstiden kroppen utsätts för.

1.3 VR-teknik

Krantillverkaren Hydrauliska Industrier AB (HIAB) har tillsammans med virtual reality-företaget Voysys och Facebookägda Oculus utvecklat ett kransystem vid namn Hi-Vision, som lanserades vid Bauma-mässan 10 april 2016 (Mynewsdesk, länk A). Hi-Visionsystemet innebär att en timmerlastbil utrustas med en kran med fyra kameror monterade på ett stag vid kranpelaren istället för kranhytt eller sittnock. Kranen styrs sedan ur lastbilens vanliga förarhytt med hjälp av Virtual Reality (VR)-glasögon. Föraren kliver över till passagerarsätet där spakställ och datautrustning finns monterad och lastar sedan virket med hjälp av en realistisk 240 graders vy med möjlighet att sömlöst se sig runt genom att vrida huvudet, som om föraren var positionerad vid kranen. En av anledningarna till att använda VR-glasögon istället för skärmar är på grund av VR-glasögonens möjlighet till stereoseende, vilket ger användaren en bättre avståndsbedömning i djupled (Morgan Rossander, forskare, SkogForsk, personlig kommunikation 2019-02-21). Tekniken tillsammans med ExTe COM 90 lastsäkring gör att

föraren kan lasta virket utan att behöva exponera sig för potentiella olycksrisker längs lastad trave eller klättring till och från hyttkran. Hi-Visionsystemet väger cirka 400 kg mindre än konventionell kranhytt. Under Interforst-mässan i München 2018 visade även Palfinger, vilket är HIAB:s största konkurrent, en prototyp på en kran med VR-styrning under namnet Palfinger Epsilon Q-series (Christine Ådland Holmström, Market Manager, HIAB, personlig kommunikation 2018-06-18). Hi-Vision finns i dagsläget inte i en avställbar kranversion, något som marknaden bör efterfråga eftersom cirka hälften av de kranförsedda timmerlastbilarna idag är utrustade med en avställbar kran (Jakobsson & Nilsson, 2016). VR-tekniken i sig är inget nytt. Redan 1965, ett år innan Sveriges första färg-TV sändning, myntades de första idéerna för VR av Ivan Sutherland:

“make that (virtual) world in the window look real, sound real, feel real, and respond realistically to the viewer’s actions”

(Mazuryk & Gervautz, 1996, s. 2)

Under 1990-talet skrevs det om VR i nästan all typ av media. Terminologin Virtual Reality (VR) kopplas dock ofta felaktigt ihop med tredimensionell (3D) datorgrafik. Det är en suddig gränsdragning men det som definierar VR är den Realtidsinteraktion ens fysiska kropp har med 3D upplevelsen på en skärm (Mazuryk & Gervautz, 1996).

Med ny teknik följer en del barnsjukdomar som vi kunnat läsa om i tidigare textstycken. VR-teknikens främsta hinder har varit *simulator sickness*. Låg upplösning på skärmar och låga uppdateringsfrekvenser i samband med latens mellan kroppens rörelse och den visuella upplevelsen är de främsta anledningarna till *simulator sickness* (Mazuryk & Gervautz, 1996). Symptom som finns dokumenterade är svårare att fokusera, suddig syn, yrsel, koncentrationssvårigheter, huvudvärk, svettningar, ökad salivtillförsel, illamående och kräkningar (Kennedy m.fl., 1993). I en studie av Kennedy m.fl. (1993) rapporterade så många som 62 procent av de undersökta om någon sorts negativ påverkan av VR-upplevelsen. I Brunnström m.fl. (2018) studie där VR-glasögon från tillverkaren Oculus Rift användes, samma som i kransystemet Hi-Vision, rapporterade endast 5,5 procent påtaglig obekväm upplevelse. En liten grupp av överkänsliga personer verkar finnas, medan majoriteten inte har några större problem med VR-tekniken (Brunnström m.fl., 2018).

1.4 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka Hi-Visionsystemets effekter på arbetsmiljön. Dels beträffande helkroppsvibrationer, där en konventionell kranhytt och Hi-vision kommer att jämföras, och dels för att undersöka hur den nya VR-tekniken har några negativa följdverkningar på förarna. Med hjälp av en tidsstudie ska också timmerlastbilsförare exponering för olycksrisk vid lastning med å ena sidan traditionell kranhytt och å andra sidan Hi-Vision jämföras. Med tidsstudiens resultat är förhoppningen att även kunna identifiera eventuella utvecklingsbehov av Hi-Vision. Ingående hypotes för studien är att Hi-Vision ska medföra lägre nivåer av HKV samt minska förarens exponering mot olycksrisk.

2. MATERIAL OCH METODER

Den 20 augusti 2018 genomfördes en kombinerad tids- och helkroppsvibrationsstudie på Setra:s sågverk i Skinnskatteberg. Testerna omfattade två typer av timmerlastbilar. Ett ekipage med konventionell kranhytt och ett ekipage utrustad med Hi-Vision. Ett Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) har även skickats ut till totalt fyra förare som arbetar heltid med Hi-Vision. Detta gjordes för att undersöka ifall eventuella besvär vid användandet av VR-glasögon avtar eller inte under en längre användningsperiod.

2.1 Datainsamling – tids- och HKV-studie

Ytan för studien bestod av en 50 meter lång asfalterad sträcka. Ytan var horisontellt plan och inmätt med hjälp av Husqvarna huggarmåttband där var 10:e meter markerades på asfalten med sprayfärg. En virkesvälta var placerad i spannet 20 – 40 m. 24 meter från virkesvältan placerades ett filmkamerastativ utrustad med en GoPro Hero 4 Silver. Kameran filmade de totalt sex lastningscyklerna, tre repetitioner för vardera lastbilstyp. Lastbilsförarna valde subjektivt placeringen av lastbilen framför virkesvältan. Inget standardiserat sätt att utforma en tidsstudie och helkroppsvibrationsmätning på timmerlastbilar påträffades i litteraturen, så tillvägagångssättet har utvecklats specifikt för denna studie.

Virket bestod av 62 stockar osorterat talltimmer (se Figur 2.1). Volymen var 11,1 m³ to med en vikt på 11,7 ton. Medellängden var 445 cm och toppmätt medeldiameter under bark 220 mm. Genomsnittlig avsmalning var 8 mm/m. Inget av virket vrakades vid inmätning av VMF Qbera. Samma virke användes vid samtliga lastningscykler. Vid undersökningen lastades endast lastbilens trave med virke, trots att båda lastbilsekipage hade tillkopplad släpvagn.



Figur 2.1. De 62 tallstockarna som användes i lastningen. Virket volymbestämdes sedan av VMF:s mätstation vid Setra sågverk i Skinnskatteberg.

Lastbilarna (se Figur 2.2) som användes vid testerna hade specifikationer och utrustning enligt Tabell 2.1.

Tabell 2.1 Tekniska specifikationer för de två timmerlastbilarna

	Hi-Vision ekipage	Konventionellt ekipage
Lastbilsmodell	Scania R580 V8	Scania R650 V8
Däckmärke	Michelin XFN2	Michelin XFN2
Däcktryck(bar) framaxel	9	8,1
Däcktryck(bar) boggi	8,3	7,6
Antal axlar	3	3
Tillverkare kran	HIAB Loglift	HIAB Jonsered
Kranmodell	118S, dubbelutskjut	1088S, dubbelutskjut
Kranhytt	-	Höglund Super Cab
Tillkopplat släp	Ja	Ja
Förare	Mattias Ackesten	Johannes Ackesten

Enligt Mattias Ackesten skulle HKV och tiderna representera verkligheten bäst om den förare som dagligen kör med kranen även kör sitt ekipage i testerna. Detta på grund av att varje hydraulisk kran är unik, och kräver en viss inväkningsperiod för att producera normalt och med rätt flyt i kranens rörelser för att undvika onödiga skakningar (Mattias Ackesten, delägare Ackestens Åkeri AB, personlig kommunikation 2018-08-20).



Figur 2.2. De två lastbilstyperna som användes i studien. Till vänster Hi-Vision och till höger konventionell kranhytt.

För att mäta helkroppsvibrationer monterades en accelerometer vid respektive förarens krankörningsposition. Accelerometern, av märket Trescal, bultades fast på golvet vinkelrätt mot föraren och så nära förarstolen som möjligt (se Figur 2.3). Mätningen utformades enligt SS-ISO 2631–1 med undantag för positioneringen av accelerometern, där hyttens golv, tätt intill förarstolen, valdes som mätpunkt istället för sittdynan i förarstolen som beskrivs i standarden. Fördelen att mäta på golvet är att det insamlade datamaterialet blir rensat från inverkan av förarens vikt och rörelser samt stolens variationer i dämpning och utformning. Vidare var det på grund av utrymmestekniska skäl ej möjligt att placera accelerometern enligt rekommendation rakt under förarens ryggrad eller till vänster om förarstol. Accelerometern kopplades via USB-kabel till en laptop med programvaran DASylab, vilket möjliggjorde att accelerationer (m/s^2) i X-, Y- och Z-led kunde spelas in under lastningscyklerna (se Figur 2.4.). Vridningar runt X-, Y-

och Z-led detekterades även med hjälp av ett inbyggt gyroskop i accelerometern (se Figur 2.5).

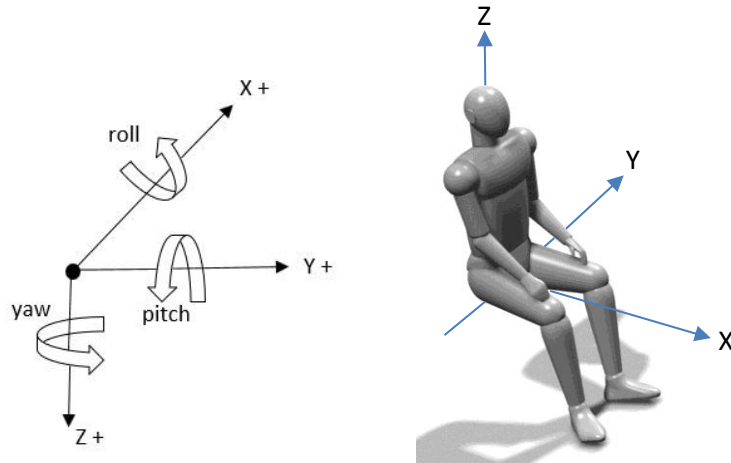


Figur 2.3. Accelerometerns placering i de två förarpositionerna. Till vänster lastbilshytt med Hi-Vision och till höger konventionell kranhytt.

```
DASYLab 2016 - 2016
Worksheet name: FirstTest
Recording date   : 2018-08-20, 15:31:08
Block length    : 20
Delta           : 0.005 sec.
Number of channels : 6
```

Date	Time	Write 0 [G]	Write 1 [G]	Write 2 [G]	Write 3 [V]	Write 4 [V]	Write 5 [V]
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-1.00	0.05	0.03	
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.06	-1.00	0.05	0.03	
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-0.99	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-0.99	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.06	-0.98	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.07	-0.97	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.07	-0.97	0.05	0.04	0.04
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.07	-0.97	0.04	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.06	-0.99	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	-0.01	-0.05	-1.02	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.04	-1.03	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.04	-1.02	0.06	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-1.01	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-1.00	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-0.99	0.04	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	-0.01	-0.05	-0.99	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	-0.00	-0.06	-0.98	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.07	-0.97	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.07	-0.97	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.07	-0.97	0.04	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.06	-0.99	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-1.00	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-1.01	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-1.00	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-0.99	0.06	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-0.99	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-0.99	0.05	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	-0.01	-0.05	-1.00	0.04	0.05	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.00	-0.05	-1.00	0.05	0.04	0.03
2018-08-20	15:31:08.000	0.01	-0.05	-0.99	0.05	0.04	0.04

Figur 2.4. Exempel på rådata som registrerats från accelerometern in till DASYLab.



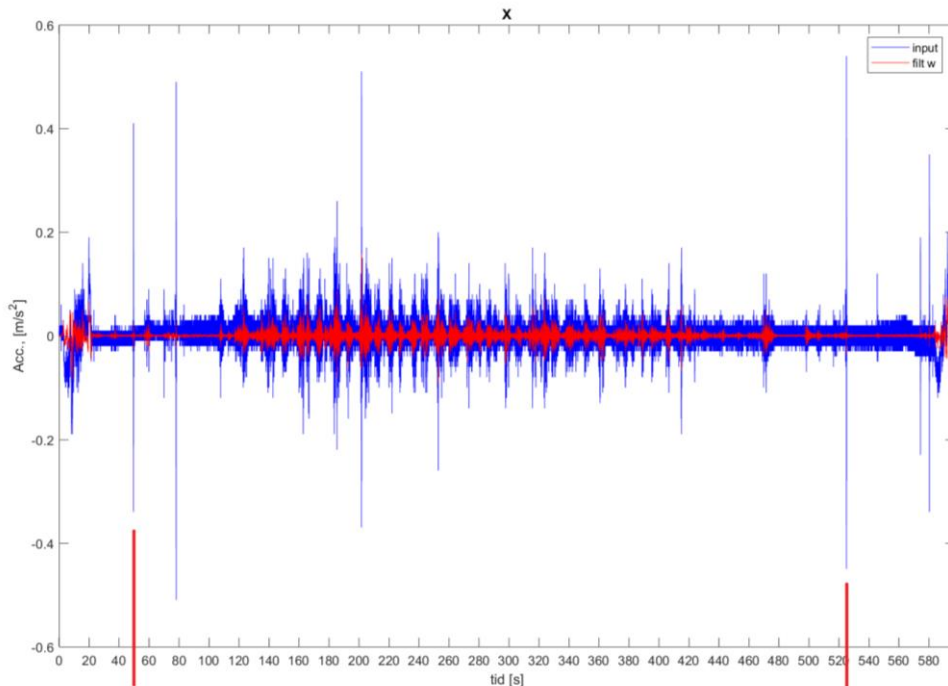
Figur 2.5. Accelerometers mättriktningar för X-, Y- och Z-led. Accelerationer mäts i båda accelerationsriktningar för vardera led (SS-ISO 2631-1).

2.2 Datainsamling enkätstudie förare

En enkät skickades ut till fyra förare som arbetar dagligen med Hi-Visionsystemet. Enkäten utformades enligt Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) som togs fram av Kennedy m.fl. (1993), se Bilaga 1. Deltagarna blev instruerade att först besvara enkäten utifrån hur de idag påverkas av VR-glasögon, sedan besvarades samma enkät igen utifrån hur de påverkades första veckan.

2.3 Analys av mätdata

Först identifierades start- och slutpunkt för rådata. Med hjälp av videomaterial och tidsdaterade mätdata kunde förardörrens vibrationer, som uppkom vid stängning inför krankörning, identifieras (se Figur 2.6). Med hjälp av denna information kunde oönskade mätdata klippas bort före och efter krankörningsmomentet. Observera att mätdata innehöll dörrstängningar även på Hi-Vision lastbilen eftersom föraren valde att gå ut ur lastbilshytten när stödben till kranen etablerades och in i passagerardörren för att köra kranen.



Figur 2.6. Exempel på de transienta stötar, markerade med rött i x-led, som identifierades som dörrstängningar för att avgränsa data till enbart krankörning. Accelerationerna (y-led) längs tidsaxeln (x-led) visar Hi-Visionbilens första lastningscykel.

Uppmätt vibrationsdata filtreras med speciella filter enligt standarden SS-ISO 2631–1. Utifrån de filtrerade (frekvensvägda) värdena beräknades ett (standard) Root Mean Square-värde (RMS), även kallat effektivvärde, enligt formeln

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} x^2(t) dt}$$

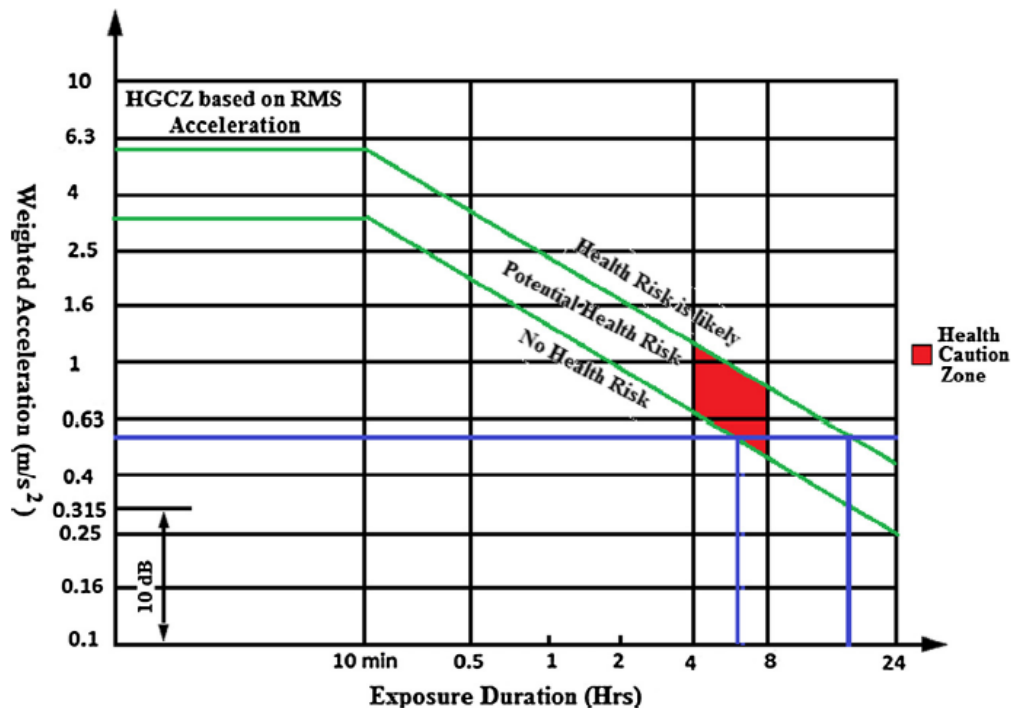
samt ett (flytande) RMS-värde enligt formeln

$$x_{RMS}^{(T)} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t x^2(t) dt}$$

Två snarlika beräkningar där skillnaden är att T_0 står för den totala tid för perioden signalen beräknats medan T står för en viss angiven tid, likt ett glidande medelvärde, med mätvärden inom ett visst fönster i tidsintervallet. SS-ISO 2631–1 rekommenderar att använda $T=1$, vilket innebär att det flytande RMS-värdet beräknas för varje sekund under datainsamlingen, beräkningar i denna undersökning använde $T=1$. Det värde som presenteras som flytande RMS är det största RMS-värdet som beräknats i tidsserien. Signalbehandlingen gjordes i MATLAB med skript utvecklade av SkogForsk.

Resultatet för RMS-värdena jämfördes sedan med insats- och gränsvärden i SS-ISO 2631–1 (se Figur 2.7). Prognosen för hälsorisker utgår från följande två faktorer. Hur kraftiga accelerationer (m/s^2) kroppen utsätts för i den dominanta accelerationsriktningen samt hur lång exponeringstid av vibrationer personen utsätts för

(Mandal & Sishodiya, 2012). Påpekas bör att i tillägget för 8 § i AFS 2005:15 belyses att vibrationsskador även kan uppkomma när exponeringen understiger insatsvärdet på $0,5 \text{ m/s}^2$. Beroende på personers individuella skillnader i känslighet för vibrationer bör exponering för lägre värden än insatsvärdet inte tolkas som riskfritt.



Figur 2.7. De tre riskområdena, markerat med grön linje, för HKV (Mahesh m.fl., 2016).
Baserad på SS-ISO 2631-1.

I Figur 2.7 kan utläsas att en exponeringstid på 8 h ger ett insatsvärde på $0,5 \text{ m/s}^2$ för att innebära en potentiell hälsorisk. Värden som understiger $0,5 \text{ m/s}^2$, med en exponeringstid av 8 h, innebär ingen vetenskapligt fastställd hälsorisk (Mandal & Sishodiya, 2012).

Tidsstudien analyserades med hjälp av inspelat videomaterial. Först identifierades arbetsmomenten för en timmerlastbil vid lastning. Identifierade arbetsmoment och dess bestämda start- och stoppaktivitet kategoriserades enligt Tabell 2.2. Under tabellrubriken "Definition av arbetsmoment" beskrivs mer utförligt vilket arbetsmoment som utgjort start och stopp vid registrering av tider i tidsstudien. För att få förarna att utföra momenten i normal arbetstakt utfördes ingen tidtagning på plats. Förarna blev instruerade att försöka tänka bort kameran och att tonvikten för studien låg på att mäta helkroppsvibrationerna.

Tabell 2.2. Identifierade arbetsmoment vid lastningscykeln

Arbetsmoment	Definition av arbetsmoment	
	start	stopp
Kranetablering inkl. gång utmed olastad trave	Fötter på marken vid utgång från lastbilshytt	Påbörjad klättring till kranhytt eller lastbilshytt
Klättring till kranhytt	Första fot vid stegen	Stängd kranhytt
Krankörning från kranhytt/lastbilshytt	Första rörelse av kran	Nedlagd kran på trave
Klättring från kranhytt	Dörröppning av kranhytt	Fötter på marken efter klättring
Lastsäkring inkl. gång utmed lastad trave	Fötter på marken efter krankörning	Stängd dörr till lastbilshytt
Total tid för lastningscykel	Lastbil startar vid startlinje	Lastbil stannar vid mållinje

Registrerade tider fördes sedan in i en tabell i MS Excel. Tiderna omvandlades från minuter och sekunder (mm:ss) till centiminuter (cmin), vilket innebär en hundraedels minut. För att omvandla mm:ss till cmin summeras först totalt antal sekunder och divideras med sextio för att sedan multipliceras med hundra, enligt formel:

$$cmin = \frac{s}{60} \times 100$$

Sedan beräknades medelvärden och standardavvikelser i enheten cmin och utifrån detta gjordes statistiska signifikanstest på jämförbara arbetsmoment enligt formlerna:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

där S_p^2 beräknas enligt:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Tabell för t-värde finns i Bilaga 2.

2.4 Definitioner

Några i rapporten förekommande termer och dess betydelse:

Accelerationer (m/s^2) är en enhet inom fysiken som beskriver förändring av hastighet per tidsenhet.

Crest factor är ration mellan maxvärden, dvs. toppar i vibrationen, och effektivvärdet (RMS).

Effektivvärde är synonymt med RMS-värde.

Exponering syftar på tid som kroppen utsätts för vibrationer.

Helkroppsvibrationer (HKV) är vibrationer som överförs till hela kroppen genom en vibrerande yta, exempelvis ett säte eller ett golv.

Hertz (Hz) är SI-enheten för frekvens. Något som händer per sekund, vanligtvis svängningar i växelström eller som i rapportens fall, vibrationers frekvens.

Root-Mean Square (RMS) är översatt till svenska kvadratisk medelvärde. Ett medelvärde som lämpar sig väl när både negativa och positiva tal finns i talföljden, exempelvis värden för en sinuskurva.

Transienta stötar är kortvariga, ofta kraftiga, vibrationer.

Vibrationer Mekanisk svängningsrörelse hos fasta föremål. Vibrationens storlek anges vanligen som vibrationsrörelsens accelerationsamplitud, uttryckt i enheten m/s^2 .

Virtual Reality (VR) är en teknik som kan simulera en verklig miljö med hjälp av kameror eller en virtuell grafikmiljö där ens fysiska kroppsrörelser kan interageras.

3. RESULTAT

I detta kapitel presenteras resultaten från accelerationsmätningen, tidsstudien samt enkätundersökningen Simulator Sickness Questionnaire (SSQ).

3.1 Resultat av helkroppsvibrationer

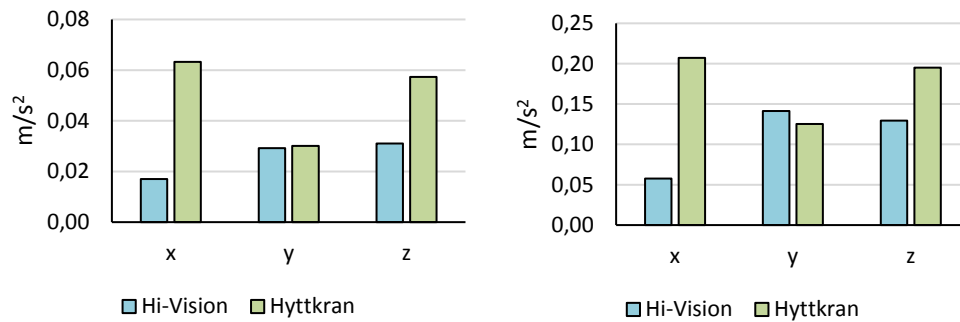
I Tabell 3.1 redovisas RMS-värde och flytande RMS-värde. RMS-värde går att jämföra mot insats- och gränsvärden i Figur 2.7. Varför båda typerna av RMS-värden redovisas är för att standarden (SS-ISO 2631–1) säger att båda värdena ska presenteras när crest factor i RMS-beräkningen är inom ett visst spann. Crest factor är kvoten mellan maxvärden, dvs. toppar i vibrationen, och effektivvärdet (RMS).

Tabell 3.1. Resultat av RMS-beräkningar i MatLab. Dominerande accelerationsriktning för Hi-Vision är Y-led med $0,14 \text{ m/s}^2$, och för hyttkran X-led med $0,21 \text{ m/s}^2$. Dessa maxvärden återfinns i det flytande RMS-värdet för båda krantyper.

	RMS-värde		Flytande RMS-värde	
	Hi-Vision	Hyttkran	Hi-Vision	Hyttkran
X	0,02	0,06	0,06	0,21
Y	0,03	0,03	0,14	0,13
Z	0,03	0,06	0,13	0,20

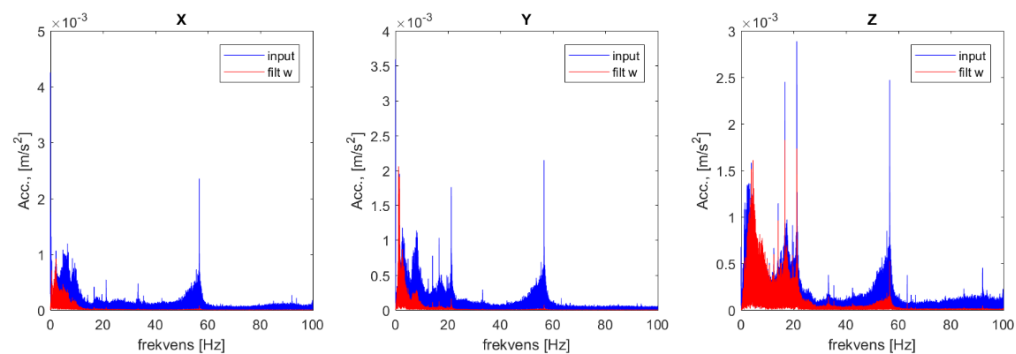
Trots att insatsvärdet för potentiell hälsorisk inte uppnåddes för någon av kranmodellerna kan vi ändå se att flytande RMS-värde för Hi-Vision har 72 procent lägre nivåer i X-led än hyttkran. För RMS-värde i X-led är skillnaden 73 procent lägre vibrationer för Hi-Vision och 45 procent lägre i Z-led, dock är det endast 3 procent lägre vibrationsnivåer i Y-led. Hi-Vision medför enligt dessa värden en arbetsmiljö med lägre nivåer av vibrationer. Samma värden som presenteras i Tabell 3.1 redovisas i diagramform i Figur 3.1.

Exponeringstid för HKV på ett normalt skift för timmerlastbilsförare har ej undersökts då HKV aldrig uppnådde nivåer med påvisad potentiell hälsorisk, dvs. $0,5 \text{ m/s}^2$ för ett 8 h långt skift. Eftersom timmerlastbilsförare spenderar majoriteten av arbetstiden att köra lastbilen längs väg är det ej motiverat att för denna studie undersöka hur stor del av total arbetstid lastningsmomentet upptar och med den tiden som ingångsvärden kunna beräkna komfort- och hälsovärde enligt SS-ISO 2631–1. Värden för yaw, pitch och roll detekterades, men dessa värden var för små för att kunna redovisas tillförlitligt.

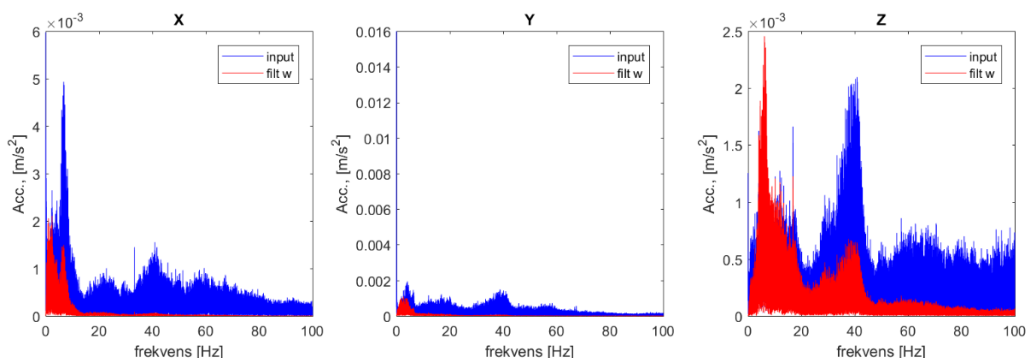


Figur 3.1. Standard RMS-värde till vänster och flytande RMS-värde till höger. Arbetsmiljöverkets gränsvärden för potentiell hälsorisk är 0,5 m/s².

I Figur 3.2 och 3.3 visas frekvenserna av HKV för Hi-Vision respektive hyttkran. Dessa diagram redovisas endast för en lastningscykel vardera. Den röda grafen (filt w) är de frekvensviktade värdena, dvs. filt w visar amplituderna för de frekvenser som bedöms viktiga ur arbetsmiljö och hälsosynpunkt enligt standarden. Den blå grafen (input) är rådata på den mätsignal som registrerats.



Figur 3.2. Hi-Vision, första lastningscykel.



Figur 3.3. Hyttkran, första lastningscykel.

Det är främst i Z-led de frekvensviktade värdena avviker. Det är en större mängd vibrationer över hela frekvensbandet för hyttkranen i Z-led, därmed även över 50 Hz och inom spannet 0 – 10 Hz som är särskilt viktiga för hur maskinens komfort upplevs. Hi-

Vision visar på större nivåer av vibrationer i Y-led, men fortfarande långt under insatsvärden för potentiell hälsorisk.

3.2 Tidsstudie

Tiderna i Tabell 3.2 är registrerade med hjälp av filmat material. Tiderna anges centiminuter (cmin), som är en standard i många tidsstudier.

Tabell 3.2. Resultat för registrerade tider. Tre repetitioner ligger till grund för respektive medelvärde, dvs. $n = 3$. Antal frihetsgrader 4. Arbetsmomentens t-värden visar, med 95 procent säkerhet, på signifikant skillnad i tidsåtgång för arbetsmomentet. Arbetsmoment som saknar t-värde anses ej jämförbara.

Arbetsmoment	Hi-Vision (\bar{x} cmin \pm s.d.)	Kranhytt (\bar{x} cmin \pm s.d.)	Skillnad	t-värde
Kranetablering inkl. gång utmed olastad trave	73,9 \pm 1,0	21,7 \pm 1,7	52,2	-
Klättring till kranhytt	-	13,9 \pm 5,4	-	-
Krankörning från kranhytt/lastbilshytt	526,7 \pm 84,6	475,6 \pm 20,0	51,1	s.d. > 50 %
Klättring från kranhytt	-	15,6 \pm 2,5	-	-
Lastsäkring inkl. gång utmed lastad trave	81,7 \pm 6,7	57,8 \pm 11,8	23,9	3,048
Totaltid för lastningscykel	896,7 \pm 72,9	721,7 \pm 40,9	175,0	3,629

Skillnaden mellan de två lastningscyklerna, Hi-vision och Kranhytt, är signifikant ($p < 0,05$). Med 95 procent säkerhet uppvisade alltså lastning med Hi-Vision i genomsnitt en längre total tidsåtgång jämfört med arbetet med den konventionella kranhytten. Det tog totalt ungefär 20 procent längre tid att lasta med Hi-Vision.

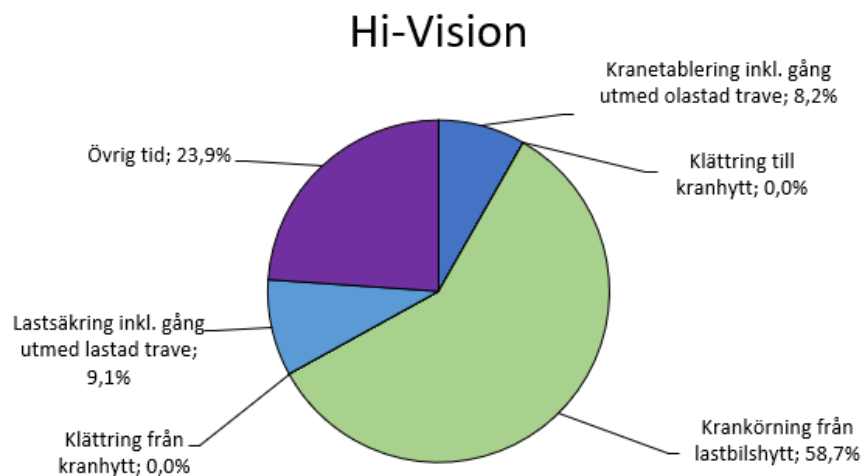
Momentet *Kranetablering inkl. gång utmed olastad trave* för Hi-Vision har i genomsnitt 70,6 procent längre tidsåtgång än kranhytt. Dock bör följande två faktorer förtydligas, den första är att föraren med Hi-Vision under kranetableringen först måste gå bak till kranen för att släppa ut stödbenen, sedan fram igen till manöverluckan vid lastbilshytten för att sänka tandemboggin, för att återigen gå bak till kranen och sänka stödbenen. Anledningen till detta förfarande är att stödbenens indragna läge ibland blir för långt, stödbenen kan då ta i vägbanan för tidigt och faller således inte ner vertikalt mot marken ifall tandemboggi sänkts innan. Detta problem kan avhjälpas med en bockad krankonsoll, en krantyp som även går att utrusta med Hi-Vision (Mattias Ackesten, delägare Ackestens Åkeri AB, personlig kommunikation 2018-08-20). Den andra förklarande faktorn till den stora skillnaden är att definierat stopp för aktiviteten är när

lastbilsdörr eller dörr till kranhytt stängs. Föraren med kranhytt etablerar stödbenen från hytten, efter att dörren stängts.

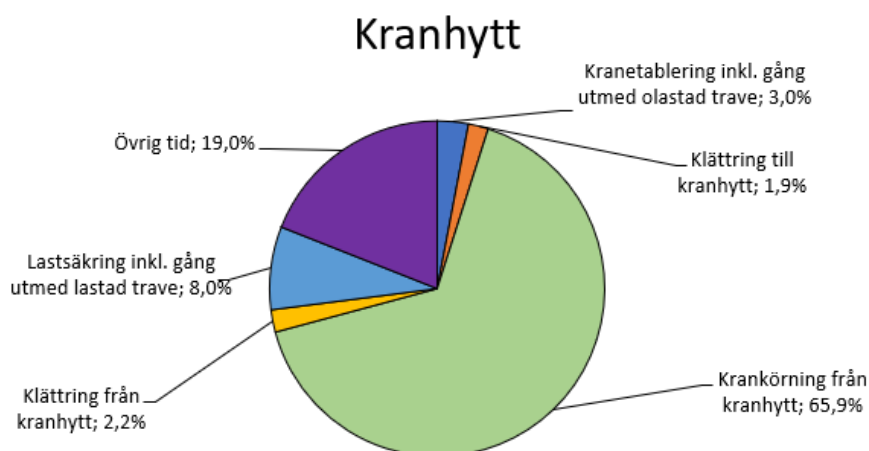
Tid som föraren exponeras utanför skyddande hytt är för Hi-Vision 155 cmin (93 s) och för kranhytt 108,3 cmin (65 s) varav 29,5 cmin (17,7 s) består av klättring i steg upp och ner från kranhytt.

Under analysen av filmat material noteras att lastbilarna placerades sig på olika positioner mot virkesvältan beroende på förare. Föraren för Hi-Vision hade krandelen mer centrerad mot virkesvältan medan föraren med kranhytt centrerade traven på lastbilen mot virkesvältan. Detta innebär att Hi-Visionbilen måste röra kranen längre i sidled för att nå virket.

I Figur 3.4 och 3.5 presenteras tidsdata i två cirkeldiagram för vardera krantyp för att få en överblick på proportionerna för de olika arbetsmomenten.



Figur 3.4. Arbetstidens fördelning på arbetsmoment för Hi-Vision. Övrig tid innefattar bl.a. framkörning av lastbil och väntan på uppstart av system.

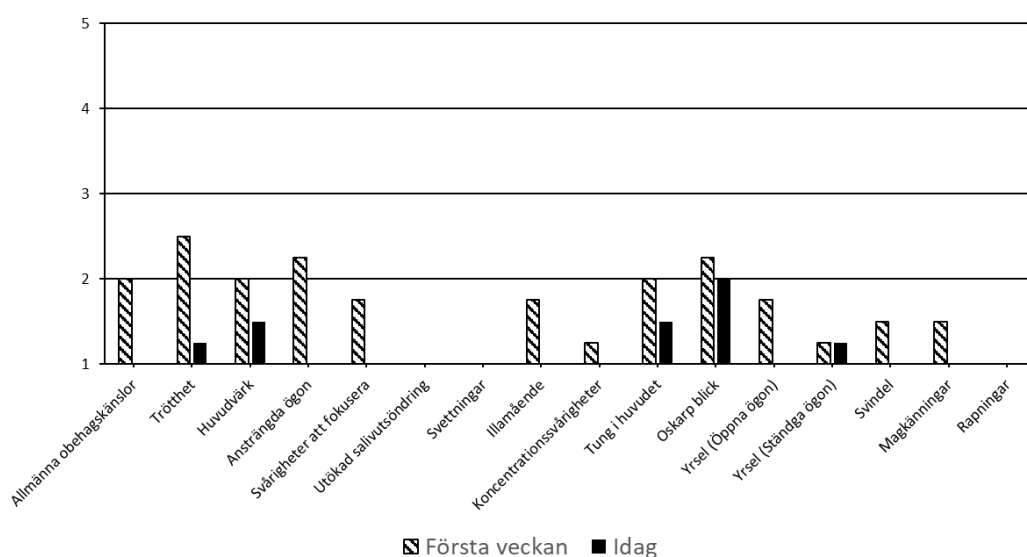


Figur 3.5. Arbetstidens fördelning på arbetsmoment för konventionell kranhytt. Övrig tid innefattar bl.a. framkörning av lastbil och väntan på uppstart av system.

Det riskmoment som minskade med Hi-Vision var klättring upp och ner från kranhytt. Ett antagande inför studien var att även tid som spenderas ute längs lastbilen skulle minska med Hi-Vision, vilket inte visade sig vara fallet i denna studie.

3.3 Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)

Samtliga fyra förare som tillfrågades att besvara enkäten svarade. Resultaten redovisas i Figur 3.6. Det finns få ekipage som i dagsläget rullar inom Sverige, exakt antal sålda Hi-Visionsystem är dock för känslig information för att presenteras. Därför så har denna undersökning inte kunnat nå fler än fyra förare. Förarna har olika lång erfarenhet av Hi-Vision. Tre av förarna har kört sedan första halvåret 2017, medan den fjärde började köra med Hi-Vision i juni 2018. Samtliga förare jobbade dagligen med Hi-Vision vid tillfället för enkätstudien, som genomfördes under augusti 2018.



Figur 3.6. 8 av 13 symptom försvann helt efter att förarna vant sig med Hi-Vision. Oskarp blick är enda symptomet som beskrivs som lätt påverkan efter en längre tids användning. Resultatet är beräknat medelvärde från 4 deltagares svar. Teckenförklaring y-axel: 1 = ingen, 2 = lätt, 3 = måttlig, 4 = stark och 5 = svår.

61,5 procent av symptomen har försvunnit helt efter att de vant sig med VR-tekniken. Resterande 5 symptom har alla minskat förutom yrsel med stängda ögon. Endast symptomet oskarp blick når en nivå av lätt påverkan efter invänjningstid (minst 6 veckor).

4. DISKUSSION

4.1 Egen kritik

När ramarna för datainsamlingen skulle göras inledningsvis fanns ingen vägledning i litteraturen specifikt för att utforma och genomföra en HKV- och tidsstudie på en timmerlastbil. Råden jag fick, av bland annat SkogForsk, var att utforma studien så likt verkliga arbetsförhållanden som möjligt och med samma förare i båda ekipagen. Olika förare kan utsättas i olika hög grad för vibrationer även då de jobbar i samma maskin och med samma arbetsuppgift (Rolf Björheden, Senior researcher, Skogforsk, personlig kommunikation 2019-02-12). Att använda samma förare vid tidsstudier föreslås också i Bergstrand (1987) där detta förfarande ses som en fördel ur en konstanthållningssynpunkt. Under arbetet med att hitta förare för studien, ansåg den entreprenör som valde att ställa upp att ett mer rättvist resultat skulle nås om den förare som kör kranen dagligen också skulle köra den i testerna. Entreprenören argumenterade för att varje hydraulisk kran är olik, och det krävs en viss inkörningsperiod innan föraren får in flytet i krankörningen. En förare som jobbar både med Hi-Vision och kranhytt dagligen var svår att hitta.

Ett av syftena inledningsvis var att med hjälp av tidsstudien bedöma eventuell minskad exponering av olycksrisker med Hi-Vision. För att kunna analysera risken i samband med lastning var tanken att jämföra summerad tid för en förares riskexponering på en månad eller ett års tidshorisont mot olycks- och tillbudsstatistik från Arbetsmiljöverket. Det visade sig att Arbetsmiljöverket inte för någon sådan specifik statistik för timmerlastbilar, exempelvis antal arbetade timmar per olycka. Inte heller Svenska Transportarbetareförbundet kunde erbjuda sådan statistik. Här borde jag initialt ha säkerställt att nödvändig statistik fanns tillgänglig, och inte bara anta detta.

På grund av kostnadsskäl genomfördes endast tre upprepningar för vardera krantyp. Här fanns en risk att mätvärdena inte skulle uppnå statistisk signifikans om standardavvikelsen skulle bli stor mellan upprepningarna. Om mer tid funnits skulle även lastbilssläp kunnat lastas för att på ett mer korrekt sätt efterlikna arbetet i verkligheten.

En möjlig felkälla är att mätningen gjordes på golvet istället för stolen som standarden förespråkar. Det kan dock även ha sina fördelar enligt forskare vid SkogForsk, med mätpunkten på golvet eliminerar du förarstolens inverkan på mätdata om två olika maskintyper ska jämföras (Petrus Jönsson, Biträdande programchef, SkogForsk, personlig kommunikation 2018-08-03). Eftersom förarstolens kvalitet och vibrationsdämpande förmåga ofta går att välja i olika utföranden vid köp av lastbil eller kranhytt blir det en mer rättvis jämförelse i det avseendet om mätpunkten är på golvet. En annan erfarenhet forskare på SkogForsk hade var att förarens vikt och sätt att sitta kunde medföra sämre datakvalité om mätpunkten var på stolsitsen.

Ytterligare en möjlig felkälla är antalet timmar varje kran har körts. Med tiden kommer slitage av tappar i kranleder och glapp i kraninfästningen troligtvis medföra ökade vibrationer för föraren, något som skulle kunna påverka körning från kranhytt mer än Hi-Vision eftersom denne förare inte är i direkt anslutning till kranen.

En svaghet med studien är att inte hälso- och komfortvärde beräknats. I dessa beräkningar viktas de olika accelerationsriktningarna mot dess skadlighet för kroppen samt exponerad tid för vibrationerna. Varför inte detta gjordes var på grund av tidsmässiga skäl inom ramen för en c-uppsats. För att göra dessa beräkningar måste hela arbetsdagen för en timmerlastbilsförare studeras, dvs. accelerationsmätningar även den tid lastbilen framförs längs väg.

I enkätstudien för Simulator Sickness återfinns endast fyra respondenter, vilket kan tyckas vara lågt för att kunna dra några slutsatser utifrån. Detta beror främst på att det är en så pass ny teknik och få som jobbat en längre tid med Hi-Vision dagligen.

4.2 Tolkning av resultat

Helkroppsvibrationer

Resultaten för vibrationsmätningen visar på en tydlig skillnad i vibrationsnivåer kransystemen emellan, där Hi-Vision har betydligt lägre vibrationer i X- och Z-led. Mätningarna indikerar dock samtidigt att exponeringen av HKV vid lastbilskrankörning av båda studerade krantyper inte utgör någon potentiell hälsorisk. Liknande vibrationsstudier på skogsmaskiner och jordbruksmaskiner visar på betydligt högre vibrationsnivåer än för kranhytt och Hi-Vision i denna studie. Exempelvis Björheden m.fl. (2018) redovisar RMS-värden för skotare på nästan 300 gånger högre (RMS-värde på 1,5) än genomsnittliga RMS-värdet för kranhytten i denna studie. Dock avspeglar dessa mätvärden i Björheden m.fl. (2018) inte faktiska arbetsförhållanden i normalt arbete, eftersom föraren då anpassar körningen för hinder i terrängen och sänker hastigheten vilket inte gjordes på testbanan under studien.

Resultaten hade varit än mer intressanta om minskningen av vibrationsnivåer med Hi-Vision skulle innebära att arbetsmiljön förbättrades från en potentiell hälsovådlig nivå till en godkänd nivå enligt Arbetsmiljöverket. Resultatet skulle då kunna utgöra en viktig beslutsgrund ifall en åkare ska investera i Hi-Vision eller inte. I detta sammanhang är det viktigt att ytterligare en gång betona att vibrationer i arbetsmiljön alltid har en viss påverkan på vårt psyke och fysiska välbefinnande, även vid nivåer under Arbetsmiljöverkets insatsvärden (AFS 2005:15). Individuella skillnader i känslighet för vibrationer gör att ambitionen alltid bör vara att minimera HKV.

I resultatet syns alltså en tydlig skillnad i vibrationsnivåerna, men det är inte möjligt att avgöra i vilken utsträckning dessa nivåer påverkades utav kransystemen eller körsätt hos förarna. Här bör ytterligare studier genomföras för att se om korrelationen mellan kransystem och vibrationsnivåer överensstämmer med denna studies vibrationsvärden.

I analysen av det filmade materialet noterades att förare valde att positionera timmerbilen olika centrerat mot virkesvältan. Detta behöver inte enbart ha medfört en längre tidsåtgång för lastningen för Hi-Vision, vars placering mot virkesvältan var mer centrerad mot kranpelare än trave, utan kan även ge upphov till kraftigare vibrationer på grund av den ökade hävarmseffekten när kranen lyfter virket i 90 graders vinkel mot lastbilen istället för uppskattningsvis 45 – 60 grader. Detta val av placering av lastbilen lär dock få mindre betydelse när även lastbilssläp ska lastas från samma virkesvältan och inte enbart lastbilstraven som i denna studie.

Att kranhytten uppvisade högre vibrationsnivåer stämmer väl överens med Björhedens m.fl. (2018) teori att en förarposition högre upp från markplan i en maskin ger större pendlingsrörelser vid skakningar, på grund av att rotationshastigheten ökar med pendellängden i kvadrat. I deras studie uppmätte de en skillnad på 0,8 meter över markplan mellan deras testade maskiner (Malwa 560 och Ponsse Buffalo). Ingen sådan mätning gjordes tyvärr mellan Hi-Vision och kranhytt, utan höjdskillnaden kan endast styrkas med okulär observation från testerna, filmmaterialet samt ses i Figur 2.2.

Tidsstudien

Tidsstudien ämnar egentligen inte undersöka vilket kransystem som är effektivast, utan dess primära syfte var att mäta den tid som förarna exponeras för olycksrisk vid lastning. Trots detta redovisas totaltiderna för lastningssekvensen där kranhytt med 95 procent sannolikhet, dvs. enstjärnig signifikans, uppvisar ett snabbare arbetsförlopp än Hi-Vision. Om detta beror på förarnas arbetssätt eller kransystemet kan denna studie inte bevisa. Därför blir effektiviteten en sekundär information i sammanhanget medan tidsstudiens primära resultat, hur tidsproportionerna av arbetsmomenten är fördelade, bör påverkas i mindre utsträckning av förarnas individuella prestationer eftersom båda gick i normal gånghastighet längs lastbilen, och var instruerade att arbeta i ett normalt arbetstempo.

Att ramla eller falla på arbetsplatsen är det vanligaste händelseförloppet som leder till en allvarlig olycka. Nästan 40 procent av alla allvarliga arbetsolyckor är fallolyckor (AFA Försäkring, 2014, Länk B). Ingående hypotes i studien, att Hi-Vision skulle medföra mindre utomhusarbete vid lastning och därmed minska förarnas exponering mot olycksrisker, kunde inte bevisas. Istället uppvisade Hi-Vision en längre exponering längs både tom och lastad lastbil. Huruvida denna exponering kan relateras mot olycksrisk är okänt.

Att tidsstudien får detta resultat beror bland annat på grund av utrustningstekniska hinder med Hi-Visionsystemet. De utrustningstekniska hindren syftar på den låga krankonsollen och stödben som måste etableras i sekvenser vid kranetablering vilket medförde att föraren fick gå fram och tillbaka mellan lastbilshytt och kran istället för att etablera kranen helt med hjälp av Hi-Vision inifrån lastbilshytten. Dock minskar exponering av momentet att klättra upp och ner ur kranhytt med 100 procent vid användandet av Hi-Vision.

AFA Försäkrings fallolycksstatistik visar på att dödsolyckor i samband med fall från höjd, stegen eller trappa fördelat på yrkesgrupp så hamnar lastbils- och långtradarförare på första plats med totalt tre dödsolyckor under perioden 2008 – 2012. Ett förslag i AFA Försäkrings rapport (AFA Försäkring, 2014, Länk B) är att minska eller undvika våta och hala gångytor, egenskaper som ibland isiga och nedsnöade trappsteg till kranhytten troligen har. Trappsteg som dessutom används i dämpad belysning. Det skulle behövas göra ytterligare studier på huruvida säker kranhytten är jämfört med att sitta i lastbilshytten. Tål säkerhetsrutor tappade stockar ur gripen? I hur stor utsträckning är kranhytter utrustade med säkerhetsrutor eller galler? Finns det några indikationer på risk i olycksfallsstatistiken kopplat till kranhytten? Dessa frågor är några exempel på vad som skulle kunna studeras. Svaren på dessa frågeställningar skulle ytterligare kunna stärka den positiva effekten på arbetsmiljön med att förflytta förarpositionen från kranpelaren, mellan två travar virke, till lastbilshytten.

En personlig reflektion av Hi-Vision under genomförandet av studien och analysen av filmmaterialet är fördelarna med att inte ha en till hytt som ska värmas och rutor som ska hållas is- och dammfria. Mjuka värden i arbetsmiljön som borgar för en trivsammare

upplevelse såsom ordentlig klimatanläggning och en känsla av ett mer högteknologiskt kransystem kan mycket väl vara viktiga faktorer för att locka fler unga till branschen, men har inte vetenskapligt undersökts. Den teorin instämmer även Mattias Johansson i, förare vid AB Kjell & Aste Larssons åkeri vars åkeri valt att investera i Hi-Vision. Det är inte på grund av någon potentiell ökad effektivitet vid lastning de valt att investera i systemet, utan främst en strategi för att säkra framtida förarkompetens och rekrytering bland unga (Mattias Johansson, lastbilsförare, AB Kjell & Aste Larssons åkeri, personlig kommunikation 2018-08-31).

Simulator Sickness Questionnaire

Simulator Sickness-enkäten visar på att det inte finns några allvarliga biverkningar relaterade till Hi-Vision. Kennedy m.fl. (1993) visar i deras forskning att många av symptomen från Simulator Sickness avtar med tiden. Efter cirka sex månaders användning av flygsimulatorer i deras fall uppvisades betydligt mindre symptom av Simulator Sickness, något som även blev utfallet för Hi-Vision. Tre av fyra förare som svarade på Simulator Sickness-enkäten har kört med Hi-Vision längre än sex månader, och utav 13 symptom har alla utom ett minskat. Utformningen av enkäten visade sig vara relativt träffsäker vad gäller beskrivning av potentiella symptom. Förare hade upplevt 10 av 13 symptom i enkäten, vilket visar på att enkäten fortfarande idag, 26 år senare, är tillämpningsbar. De tre symptomen som inte upplevdes var ökad salivutsöndring, svettningar och rapningar.

4.3 Utvecklingsmöjligheter för VR-tekniken i skogsbranschen

Om VR-tekniken enbart är en fluga eller här för att stanna är fortfarande ovisst. Men en stark indikation på att tekniken är här för att stanna och bidra till framtida maskinlösningar är att ytterligare en stor krantillverkare, Palfinger, börjat utveckla kranar med VR-styrning. Enligt Ådland Holmström har denna konkurrens inneburit att marknaden även visat ett större intresse för HIAB:s produkt Hi-Vision.

Denna studie visar på att för att tillgodogöra sig VR-teknikens fulla potential i minskad exponering av olycksrisk krävs att tekniken även kompletteras med automatisk lastsäkring, exempelvis ExTe Com 90. Detta eftersom denna typ av lastsäkring i kombination med att kranetablering kan ske från lastbilshytten skulle bespara föraren med Hi-Vision 1 minut och 33 sekunders exponering längs lastbilen.

För att Hi-Visionsystemet ska nå en bred marknad i Sverige krävs en utveckling av en avställbar Hi-Visionkran. Detta eftersom nästan halva fordonsflottan med timmerkran idag är utrustade med en avställbar kran för att möjliggöra en större lastvolym samt möjligheten att kunna dela på kranen mellan flera timmerlastbilar.

Vidare tror jag att VR-tekniken är ett viktigt steg för att lägga grunden till autonoma timmerlastbilar i framtiden. Ett scenario skulle kunna vara en central varifrån flera timmerlastbilar lastas med hjälp av personal utrustade med VR-glasögon, och låter sedan den autonoma styrningen ta över vägtransporten. Ett system som redan används i svenska gruvor (Sandvik, 2018, Länk C). Vidare finns en uppsjö av tekniska lösningar som går att applicera när kranförarens vy processas genom en dator, exempelvis ljusförstärkning så att arbetsområdet för kranen inte behöver lysas upp, hjälpmedel som en artificiell skugga under gripen för att underlätta avståndsbedömningen, digital volymbestämning så att virket redan är inmätt när det når industrin etc.

4.4 Slutsatser

Baserat på resultaten från denna studie, kan flera slutsatser dras.

- HKV-mätningarna visar att vibrationerna är generellt lägre med Hi-Vision, speciellt i X-led. Alla värden är dock med god marginal under gränsvärden för potentiell hälsorisk och fördelarna med lägre vibrationer är således primärt komfortmässiga.
- I ett säkerhets- och arbetsmiljöperspektiv bidrar Hi-Vision till utebliven fallrisk vid klättring till och från kranhytt. Ingen mindre tid exponerad längs tom och lastad lastbil kunde påvisas med Hi-Vision.
- Studien visar på att det inte finns några allvarliga biverkningar relaterade till Hi-Vision efter en tids användande.

5. REFERENSLISTA

5.1 Litteratur

AFS 2005:15. Arbetsmiljöverkets föreskrifter om vibrationer samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna. Stockholm: Arbetsmiljöverket.

Ager, B. (2017). *Nedslag I skogsbrukets teknikhistoria*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.

Axelsson, S.Å. (1998). The Mechanization of Logging Operations in Sweden and its Effect on Occupational Safety and Health, *Journal of Forest Engineering*, vol. 9:2, ss. 25-31.

Bergstrand, K.G. (1987). *Planering och analys av skogstekniska tidsstudier*. Kista: Skogsarbeten (nuvarande SkogForsk). Meddelande nr 17. s. 58.

Brunnström, K., Sjöström, M., Imran, M., Pettersson, M., & Johanson, M. (2018). *Quality Of Experience For A Virtual Reality Simulator*. In *Human Vision and Electronic Imaging (HVEI)*, USA: Burlingame, CA.

Burström, L., Nilsson, T. & Wahlström, J. (2011) *Arbete och helkroppsvibrationer – hälsorisker*. Umeå: Umeå universitet.

Griffin, M.J. (1990). *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press

Hjelm, J. (1991) *Skogsarbetarna och motorsågen. En studie av arbetsliv och teknisk förändring*. Diss. Umeå: Umeå universitet.

Jakobsson, M. & Nilsson, N. (2016). *Faktorer som påverkar valet av kranavställning vid rundvirkestransporter hos Holmen Skog AB*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Jönsson, P. & Johansson, Ö. (2004). Prediction of vehicle discomfort from transient vibrations. *Journal of Sound and Vibration*, vol. 282(3-5), ss. 1043-1064.

Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, vol. 3(3), ss. 203-220.

Larsson, H. (2007). *Motorljud i skogen. En studie om skogsavverkningens mekanisering 1950-2007*. Luleå tekniska universitet. Institutionen för Industriell ekonomi och samhällsvetenskap.

Mahesh, N., Gahininath, G.V.P. & Rahul, N.Z.P. (2016) Optimization of Non-linear Quarter Car Suspension – Seat – Driver Model. *Journal of Advanced Research*, vol 7, ss. 991-1007

Mandal, B.B. & Sishodiya, P.K. (2012). *Selection of mining equipment for use in Indian mines based on their vibration hazard potential*. Indien: National Institute of Miners' Health

Mazuryk, T. & Gervautz, M. (1996). *Virtual Reality. History, Applications, Technology and Future*. Österrike: Vienna University of Technology.

Petterson, R. (2015). Sågad skog för välstånd. Den svenska sågverksindustrins historia 1850-2010. Stockholm: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien

Pinzke, S. & Lundqvist, P. (2011). *Arbetsolycksfall i jord-och skogsbruk 2004*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.

Rehn, B., Lundström, R., Nilsson, T., Bergdahl, I.A., Ahlgren, C., Sundelin, G., From, C. & Järvholm, B. (2001). Musculoskeletal symptoms among drivers of all-terrain vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, vol. 253(1), ss. 21-29.

Smith, D.R. & Leggat, P.A. (2005). Whole-Body Vibration. *Professional safety*, vol 50(7), ss. 35.

Stridsberg, E. & Mattson, L. (1980). *Skogen genom tiderna. Dess roll för lantbruket från forntid till nutid*. Stockholm: LT (Nuvarande Natur & Kultur).

Tabell, L., Burström, L., Nordfjell, T. & Wästerlund, I. (2003). *Vibration transmission in a single-grip harvester during crane work*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.

5.2 Internetkällor

Länk A:

Mynewsdesk (2016). *Voysys VR-lösning revolutionerar skogsindustrin*

[Online] Tillgänglig:

<http://www.mynewsdesk.com/se/lead/pressreleases/voysys-vr-loesning-revolutionerar-skogsindustrin-1369145> [2019-01-31]

Länk B:

AFA Försäkring (2014). *Fallolyckor*

[Online] Tillgänglig:

https://www.afaforsakring.se/globalassets/forebyggande/analys-och-statistik/arbetsskaderapporten/ovriga-rapporter-om-arbetsskador-och-sjukfranvaro/f6315_fallolyckor.pdf [2019-02-14]

Länk C:

Sandvik (2018). *Digital teknik värd 100 miljarder USD*

[Online] Tillgänglig:

<https://www.home.sandvik/se/nyheter-och-media/nyhetslista/nyheter/2018/05/digital-teknik-vard-100-miljarder-usd/> [2019-02-15]

5.3 Personlig kommunikation

Ackesten, Mattias. Delägare Ackestens åkeri AB. Personligt möte samt kompletterande textkonversation, augusti - december 2018.

Björheden, Rolf. Senior Researcher, SkogForsk. Personlig kommunikation, 2019-02-12.

Johansson, Mattias. AB Kjell & Aste Larssons åkeri. Personlig kommunikation, 2018-08-31.

Jönsson, Petrus. Biträdande programchef, SkogForsk. Personlig kommunikation, augusti 2018.

Rossander, Morgan. Forskare, SkogForsk. Personlig kommunikation, 2019-02-21.

Ådland Holmström, Christine. Marketing Manager, HIAB. Personligt möte i Stockholm, 2018-06-18.

6. BILAGOR

Bilaga 1	Simulator Sickness Questionnaire	sida 36
Bilaga 2	T-fördelningen	sida 37

Bilaga 1

No _____

Date _____

SIMULATOR SICKNESS QUESTIONNAIRE

Kennedy, Lane, Berbaum, & Lilienthal (1993)***

Instructions : Circle how much each symptom below is affecting you right now.

1. General discomfort	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
2. Fatigue	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
3. Headache	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
4. Eye strain	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
5. Difficulty focusing	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
6. Salivation increasing	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
7. Sweating	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
8. Nausea	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
9. Difficulty concentrating	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
10. « Fullness of the Head »	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
11. Blurred vision	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
12. Dizziness with eyes open	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
13. Dizziness with eyes closed	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
14. *Vertigo	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
15. **Stomach awareness	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
16. Burping	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>

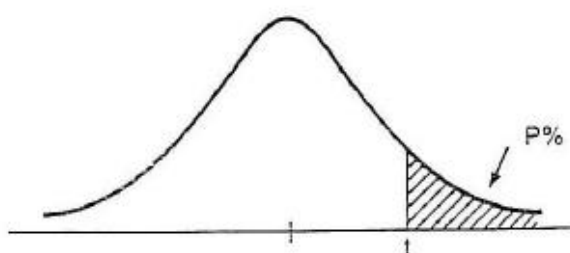
* Vertigo is experienced as loss of orientation with respect to vertical upright.

** Stomach awareness is usually used to indicate a feeling of discomfort which is just short of nausea.

Last version : March 2013

***Original version : Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.

Bilaga 2



Frihets- grader	Sannolikhet $P\%$					
	5%	2,5%	1%	0,5%	0,1%	0,05%
1	6.314	12.706	31.821	63.657	318.310	636.620
2	2.920	4.303	6.965	9.925	22.326	31.598
3	2.353	3.182	4.541	5.841	10.213	12.924
4	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
22	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
24	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
26	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
28	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
30	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
120	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160	3.373
∞	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291